

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-31035
(P2000-31035A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テームド (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 C
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 4 A
			5 1 5 D

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

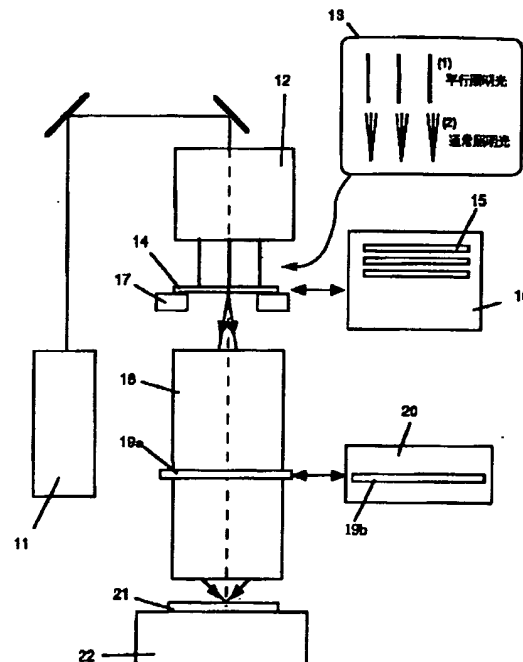
(21) 出願番号	特願平11-118611	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成11年4月26日 (1999.4.26)	(72) 発明者	杉田 充朗 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-137475	(72) 発明者	鈴木 章義 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(32) 優先日	平成10年5月2日 (1998.5.2)	(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 2光束干渉露光と投影露光を融合し、所定の形状のパターン像が容易に得られる露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を得ること。

【解決手段】 多重露光モードを有する露光装置であって、該露光装置は照明系と投影系を有しており、該投影系は該多重露光モードのとき該照明系により照明されたマスクからの複数の光のうちの0次光を遮るフィルターを光路中に供給するフィルター供給手段を有し、該多重モード露光では該フィルターにより0次光を遮った状態で第1の露光を行ない、該0次光を遮らない状態で第2の露光を行っていること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多重露光モードを有する露光装置であって、該露光装置は照明系と投影系を有しており、該投影系は該照明系により照明されたマスクからの複数の光のうちの0次光を遮るフィルターを光路中に供給する供給手段を有し、該多重露光モードは、該フィルターにより0次光を遮った状態で行なう第1の露光と、該フィルターにより0次光を遮らない状態で行なう第2の露光を含むことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記フィルターは、前記投影系の瞳の位置又はその近傍に供給されることを特徴とする請求項1の露光装置。

【請求項3】 前記フィルターが前記投影系の瞳の位置またはその近傍に供給されるときに使用される前記マスクは、像平面に形成したい周期パターン像のピッチPを投影倍率で割った値の、2倍のピッチの周期パターンを有することを特徴とする請求項2の露光装置。

【請求項4】 前記多重露光モードにおける前記第1の露光は、露光の対象物のしきい値を越えない露光量の露光パターンが対象物に形成され、前記多重露光モードにおける前記第2の露光を含む露光段階では、前記しきい値を超える露光量と前記しきい値を越えない露光量を有する露光パターンが対象物に形成され、これらの露光パターンを合成した露光パターンと前記しきい値とが、所望の回路パターンが形成される関係になるように、前記各露光量を定めていることを特徴とする請求項3の露光装置。

【請求項5】 請求項1から4のいずれか1項の露光装置において、前記第1の露光は、前記マスクからの±1次回折光を干渉させて行なうことを特徴とする露光装置。

【請求項6】 請求項1から5のいずれか1項の露光装置において、前記第1、第2露光の順、又はその逆の順で露光を行なうことを特徴とする露光装置。

【請求項7】 請求項1から6のいずれか1項の露光装置を用いてデバイスパターンを被露光体にプリントする段階を含むことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、IC、LSI等の半導体、液晶パネル、磁気ヘッド、CCD（撮像素子）等のデバイスのパターンでシリコンプレートやガラスプレート等の感光基板を露光する露光装置及びデバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、IC、LSI、液晶素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造するときには、フォトマスク又はレチクル（以下「マスク」と総称する。）のパターンを、投影光学系を介して、フォトレジスト等が塗布されたシリコンプレート又はガラスプレ-

ート等（以下「ウエハ」と総称する。）の基板上に投影露光する投影露光装置を使用している。

【0003】図19は従来の露光装置の原理的な模式図である。

【0004】図19中、191は光源であるところのKrFエキシマレーザ（波長約248nm）である。192は照明光学系、193は照明光、194はマスク、195は物体側露光光、196は投影光学系、197は像側露光光、198は感光基板（ウエハ）、199は感光基板198を保持する基板ステージ、を表す。

【0005】この露光装置では、まずエキシマレーザ191より出射したレーザ光が照明光学系192に導光され、所定の光強度分布、配光分布等を持つ照明光193となって、マスク194に入射する。マスク194には、感光基板上に形成すべき回路パターンがクロム等を用いて形成されており、照明光193はこの回路パターンで透過回折して物体側露光光195となる。投影光学系196は露光光195を上記回路パターンを所定の倍率で且つ充分小さな収差で感光基板198上に結像する像側露光光197に変換する。像側露光光197は図19の下部拡大図に示したように、所定のNA（開口数、 $=\sin\theta$ ）で感光基板198上に収束し、結像する。基板ステージ199は、感光基板198上の複数のショット領域に回路パターンを形成するために、ステップ移動して感光基板198と投影光学系196の相対的な位置を変える機能を持っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したようなKrFエキシマレーザを用いた投影露光装置では、線幅0.15μm以下のパターン像の形成が困難である。

【0007】その理由を以下に説明する。まず投影光学系には露光光の波長に起因する光学的な解像度と焦点深度のトレードオフによる限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Rと焦点深度DOFは、下記の式（1）および（2）の、レーリーの式によって表わすことができる。

【0008】

【数1】

$$R = k_1 \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

$$DOF = k_2 \frac{\lambda}{NA^2} \quad (2)$$

【0009】ここで、λは露光光の波長、NAは前述した光学系の明るさを表す光射出側の開口数、 k_1 、 k_2 は感光基板の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常0.5～0.7程度の値をとる。

【0010】この式（1）、（2）より、解像度Rを小さい値とする高解像度化には波長λを小さくする「短波長化」か、NAを大きくする「高NA化」が必要であ

る。しかしながら同時に投影光学系の性能として求められる焦点深度DOFはある程度の値以上に維持する必要がある。このため、高NA化をあまり進めることはできないからである。

【0011】一方、上記の式(1)、(2)に依存しない露光方式もある。図15はこの露光方式を説明するための模式図である。図15においてレーザ光源151からの可干渉光をハーフミラー152で2光束に分割し、この2光束をミラー153a、153bで互いに角度をつけて感光基板154面上で交わるように感光基板154に入射させることにより、2光束の交わり部分に干渉縞を形成する。そしてこの干渉縞により、その光強度分布に応じて感光基板154の感材を感光させ、光強度分布に応じた周期的凹凸パターンを現像により形成するものである。

【0012】この露光方式による解像度Rは式(3)で表される。ただし、RはL&S(ライン・アンド・スペース)のそれぞれの幅、即ち干渉縞の明と暗のそれぞれの幅とし、 θ は2光束151a、151bの基板154表面に対する入射角度を表し、 $NA = \sin \theta$ である。

【0013】

【数2】

$$\begin{aligned} R &= \frac{\lambda}{4 \sin \theta} \\ &= \frac{\lambda}{4NA} \\ &= 0.25 \frac{\lambda}{NA} \end{aligned} \quad (3)$$

【0014】式(3)と式(1)を比較すると分るとおり、図15の露光方式では $k_1=0.25$ となるため、従来の投影露光方式 k_1 の値が $0.5\sim0.7$ であることを考慮すると、従来に比べて約2倍以上の解像度を得ることが可能である。例えば、 $\lambda=0.248\mu\text{m}$ 、 $\text{NA}=0.6$ とすると、 $R=0.10\mu\text{m}$ が得られる。

【0015】しかしながら、図15が示す露光方式では半導体素子の様々な形の回路パターンを露光することができないという根本的な問題がある。即ち、図の2光束の干渉による露光では前述した交わり領域全体に渡る等ピッチのライン&スペースパターンしか露光できない。

【0016】この問題を解決するために、図19の装置による投影露光と例えば図15の装置による2光束干渉露光とを順次、間で感光基板を現像することなく、この感光基板状の同一領域に対して行なうような多重露光技術がある。

【0017】しかしながら、従来の多重露光技術における2光束干渉露光は、投影露光装置以外の図15の装置が必要であったり、投影露光装置を用いる場合には位相シフトマスクといった特殊なマスクが必要であった。

【0018】本発明は、従来よりも簡単に多重露光が行なえる露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の

提供を目的とする。

【0019】この他本発明は、2光束干渉露光と投影露光を融合した露光方法を用いることにより、線幅0.15 μm 以下のパターン像の形成を実現可能とする露光方法およびそれを用いた線幅0.15 μm 以下の実回路パターン露光をレベソソレチクル等の特殊なレチクルを用いずに形成することが可能な露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の露光装置は、多重露光モードを有する露光装置であって、該露光装置は照明系と投影系を有しており、該投影系は該照明系により照明されたマスクからの複数の光のうちの0次光を遮るフィルターを光路中に供給する供給手段を有し、該多重露光モードは、該フィルターにより0次光を遮った状態で行なう第1の露光と、該フィルターにより0次光を遮らない状態で行なう第2の露光を含むことを特徴としている。

【００２１】請求項２の発明は請求項１の発明において、前記フィルターは、前記投影系の瞳の位置又はその近傍に供給されることを特徴としている。

【００２２】請求項３の発明は請求項２の発明において、前記フィルターが前記投影系の瞳の位置またはその近傍に供給されるときに使用される前記マスクは、像平面に形成したい周期パターン像のピッチ P を投影倍率で割った値の、２倍のピッチの周期パターンを有することを特徴としている。

【0023】請求項4の発明は請求項3の発明において、前記多重露光モードにおける前記第1の露光は、露光の対象物のしきい値を越えない露光量の露光パターンが対象物に形成され、前記多重露光モードにおける前記第2の露光を含む露光段階では、前記しきい値を超える露光量と前記しきい値を越えない露光量を有する露光パターンが対象物に形成され、これらの露光パターンを合成した露光パターンと前記しきい値とが、所望の回路パターンが形成される関係になるように、前記各露光量を定めていることを特徴としている。

【００２４】請求項５の発明の露光装置は請求項１から４のいずれか１項の露光装置において前記第１の露光は、前記マスクからの±１次回折光を干渉させて行なうことを特徴としている。

【００２５】請求項６の発明の露光装置は請求項１から５のいずれか１項の露光装置において、前記第１、第２露光の順、又はその逆の順で露光を行なうことを特徴としている。

【００２６】請求項７の発明のデバイスの製造方法は請求項１から６のいずれか１項の露光装置を用いてデバイスパターンを被露光体にプリントする段階を含むことを特徴としている。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態は、照明系及び投影系を有し、該投影系は、多重露光モードの時、前記照明系により照明されたマスクからの複数の光のうちの0次光を遮るフィルターを光路中に自動又は手動で供給する手段を有する。ここで、該フィルターが前記光路中に供給された状態で、前記多重露光のうちの±1次回折光による2光束干渉の露光を行う。

【0028】又本発明では、上記各形態において、前記フィルターは、前記投影系の瞳の位置またはその近傍に供給している。前記フィルターが前記投影系の瞳の位置またはその近傍に供給される時に使用される前記マスクは、像平面に形成したい周期パターン像のピッチPを投影倍率で割った値の、2倍のピッチの周期パターンを有している。

【0029】また、本発明では、多重露光モードとして、これにおける前記所定の露光は、露光の対象（レジスト）のしきい値を越えない露光量の露光パターンが形成され、前記多重露光モードにおける前記所定の露光とは異なる露光段階では、前記しきい値を越える露光量と前記しきい値を越えない露光量を有する露光パターンが形成され、これらの露光パターンを合成した露光パターンと前記しきい値とが、所望の回路パターンが形成される関係になるように、前記各露光量を定めている。

【0030】次に、図1から図9を用いて本発明が適用される多重露光方法の1つを説明する。

【0031】図1はこの多重露光方法の基本的なフローチャートを表す図である。図1中には多重露光を構成する2光束干渉露光と投影露光に加え現像ステップが示してある。2光束干渉露光ステップと投影露光ステップはこの図の順でなくともよく、投影露光ステップが先でもよい。また、各露光ステップを複数回行なう場合は交互に行うことも可能である。また、各露光間にはアライメントステップ等を適宜挿入して像形成精度を上げること可能であり、本発明は、この図により、その構成を何ら限定されるものではない。

【0032】図1のフローが示す多重露光の場合、まず2光束の干渉により感光基板を干渉縞より成る周期パターンで露光する。図2はこの周期パターンを示す模式図である。図中の数字は露光量を表したものであり、斜線部は露光量1、白色部は露光量0である（図2

(A)）。このような周期パターンで露光された感光基板を現像する場合、感光基板の露光しきい値 E_{th} は0と1の間に設定する（図2(B)）。

【0033】図3(A)、(B)にこの感光基板のレジスト部分に関する現像後の膜厚の露光量依存性と露光しきい値 E_{th} とをポジ型レジストおよびネガ型レジストについて示した。ポジ型レジストの場合は露光しきい値 E_{th} 以上の露光量で露光された部分が、ネガ型レジストの場合は露光量が露光しきい値 E_{th} 以下の場合に現像後膜厚dが0となる。

【0034】図4はこのような露光を行った場合の現像、エッチングプロセスを経てリソグラフィパターンが形成される様子をネガ型レジストとポジ型レジストの各々の場合で示した模式図である。

【0035】図1における多重露光では2光束干渉露光ステップでの最大露光量を1としたとき、レジストの露光しきい値を1よりも大きく設定する。このような感光基板では図5に示す2光束干渉露光のみ行った露光パターンを現像した場合には露光量が不足し、多少の膜厚変動はあるものの、膜厚が0となる部分は生じず、リソグラフィパターンは形成されない（図6参照）。これは即ち2光束干渉露光パターンの消失と見做すことができる。（なお、ここではネガ型レジストを用いた場合の例を用いて説明を行うが、明らかなように、本発明ではネガ型かポジ型かに依存するものではなく、両タイプのレジストを用いることができ、任意にこれを選ぶことができる）。

【0036】この実施例の多重露光は上述したように2光束干渉露光のみでは一見消失する高解像度の周期パターンを投影露光によるパターンと融合して、且つその融合により選択的に復活させ、再現し、リソグラフィパターンを形成できるところにある。

【0037】図7(A)は投影露光ステップでのパターン（像）を示す。投影露光ステップにおける解像度は2光束干渉露光ステップのその約半分であるため、ここでは、2光束干渉露光で得られる最小線幅の約2倍の線幅の大きなパターンが形成されたとして示してある。

【0038】この図7(A)のパターンの投影露光ステップを図5の2光束干渉露光ステップの後に、現像工程なしで、場所を重ねて行なったとすると、合計の露光量の分布は図7(B)の下図のようになる。ここで2光束干渉露光と投影露光の露光量比は1:1としている。露光しきい値 E_{th} は図6のパターン消失時と同様に露光量1と露光量2の間に設定している。このため、二重露光の後に現像すると図7(B)の上図に示したリソグラフィパターンが形成される。このパターンはネガレジストの場合は凸パターン、ポジレジストの場合は凹パターンとなる。このパターンは解像度が2光束干渉露光のものであり、かつ、周期パターンでなく、孤立パターンである。即ちこの多重露光によれば、投影露光で実現できる解像度以上であって且つ2光束干渉露光のみでは得られない高解像度のパターンが得られたことになる。

【0039】図8(A)に示すように前述の2倍の線幅の大きなパターンで露光しきい値 E_{th} 以上の露光量（ここでは E_{th} の2倍の露光量）で投影露光を行った後で現像すると、図8(B)の上図に示したように、2光束干渉露光のパターンは消失し、投影露光によるリソグラフィパターンのみが形成される。

【0040】これは図9(A)、(B)に示すように2光束干渉露光における最小線幅の3倍の線幅の大きなパ

ターンで行っても同様であり、それ以上の大きさの線幅では、基本的に2倍の線幅と3倍の線幅の組み合わせ等を考えれば、投影露光で実現できるパターンに関してその全てが形成可能であることが明らかである。

【0041】以上示したように2光束干渉露光と投影露光を組み合わせて行い、このとき感光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} に対して各露光での露光量を適宜調整しておくことにより、図7(B)と図8(B)及び/又は図9(B)とを有するような多種のパターンを含みかつ最小線幅が2光束干渉の解像度となるようなパターンを形成することができる。

【0042】以上が本発明が適用される多重露光方法の一例であり、まとめれば、

(ア-1) 投影露光ステップ後の合計露光量が露光しきい値以下の、2光束干渉露光ステップによるパターンは現像により消失する。

【0043】(ア-2) 投影露光ステップで露光しきい値以下の露光量で露光が行なわれたパターン領域に関しては投影露光ステップと2光束干渉露光のステップの合計露光量が露光しきい値 E_{th} を越える部分が選択的に生じ、現像により2光束干渉露光の解像度でリソグラフィパターンが形成される。

【0044】(ア-3) 投影露光ステップで露光しきい値以上の露光量で露光が行なわれたパターン領域は、現像によりそのままリソグラフィパターンが形成される。ということになる。尚、2光束干渉露光ステップにおける焦点深度はかなり大きいので、パターン形成に有利である。なお、2光束干渉露光と投影露光の順番は、この順でも逆でも良い。

【0045】次に、本発明の露光装置の実施形態について以下に図18を用いて説明する。

【0046】図18は本発明の露光方法と露光装置の一形態を示す模式図である。図中、11はKrFエキシマレーザーArFエキシマレーザー等の露光用光源で、露光光の波長は、248nm、193nmといった400nm以下である。12は照明光学系、13は照明モードの模式図、14はマスク、15はマスク14と交換されるマスク、16はマスクチェンジャー、17はマスクステージ、18は投影光学系、19a、19bは瞳フィルター、20は瞳フィルターを自動又は手動で取入れ、交換するフィルターチェンジャー、21はウエハ、22はウエハステージをそれぞれ表す。

【0047】この露光装置では、高解像で投影露光が行なえる2光束干渉露光を行う場合には、図中、19aで示す中央に遮光エリアをもつ暗フィルターを用い、コヒーレント照明(マスクに垂直に入射する平行又は略平行光束を用いる所謂 σ (シグマ)の小さな照明)を後述する繰り返しパターンを有する通常のマスクに施す。また、通常の投影露光を行う場合には、照明は適宜比較的 σ (シグマ)が大きい部分コヒーレント照明等に切り替

え、また瞳フィルターもフィルター19bに切り替えるか、あるいはフィルター19aを退避させ且つ他のフィルターも使用せず、マスクは他のパターンを有するマスクに切り替える。

【0048】次に図18の露光装置において2光束干渉露光の場合の瞳フィルター19aとマスク14の構成を説明する。

【0049】さて図16は例えば屈折系より成る投影光学系を用いた投影露光装置を示し、例えば設計波長248nm、NA0.6以上のものである。図中、161はマスク、162は物体側露光光、163は投影光学系、164は瞳フィルター、165は像側露光光、166は感光基板(ウエハ)、167は瞳面での光束の位置を示す模式図、斜線部はフィルター164の遮光部である。この図16は2光束干渉露光を行っている状態の模式図であり、物体側露光光162および像側露光光165はそれぞれ3つ、2つの平行光束からなっている。

【0050】通常の投影露光装置において2光束干渉露光を行うために、本発明ではマスクとマスクへの照明方法を図17のように設定している。

【0051】図17の右図は(4)式でピッチ P_o が表わされているクロム遮光部171の1次元周期パターンを持つマスク161を示す。

【0052】

【数3】

$$P_o = \frac{2P}{M} = \frac{4R}{M} = \frac{\lambda}{M \cdot NA} \quad (4)$$

【0053】ただし、ここでRは解像力、 P_o はマスク161上の遮光部171の配列ピッチ、Pは感光基板166上の周期パターン像のピッチ、Mは投影光学系163の倍率、 λ は波長、NAは投影光学系の像側NAをそれぞれ示す。

【0054】図17の左図に示すようにマスク161は略垂直な方向から略コヒーレント照明とされる。この照明下では、マスク161を透過する光は、直進する0次光と、それを中心に投影光学系163の光軸163aに対して対称に進む角度 $-\theta_0$ 方向の-1次光および角度 $+\theta_0$ 方向の+1次光の3光束が投影光学系163に入射するが、ここでは投影光学系163の瞳近傍(つまり開口絞り近傍)に出し入れ可能な瞳フィルタ164を配置し、このフィルタ164により0次光を除去して実質的に ± 1 次回折光のみが結像に寄与し、0次光が結像に寄与しないようにしている。

【0055】このようにすることで、投影露光装置を利用して、図1における2光束干渉露光ステップを行い多重露光を共通の投影露光装置で実施が可能である。さらに、この方法によれば、 ± 1 次光を用いるため、マスクの周期パターンのピッチを、通常の2倍で構成することができ、しかもレベンソン型のようにマスクに微細な位

相膜をつける必要がない為、マスク作成等で有利となっている。

【0056】次に、本発明の多重露光方法の実施形態2について図10と図11で説明する。本実施形態では露光により得られる回路パターンとして、図10に示す所謂ゲート型のパターンを対象としている。このゲートパターンは、横方向の即ちA-A'方向の最小線幅が0.1 μm であるのに対して、縦方向の最小線幅は0.2 μm である。ここでは2光束干渉露光ステップによる高解像度パターンを高解像度の必要な縦パターン100のみに適する。

【0057】図11(A)は2光束干渉露光による1次元の周期的な露光パターン(像強度又は露光量の分布)を示す。周期は0.2 μm であり、0.1 μm L&Sの周期パターン像に相当する。ここでは、この周期パターン像を、図16～図18で説明した、0次光カット瞳フィルタ付の露光装置と通常のライン&スペースマスクパターンとを用いて作成する。図11(A)の下図における数値1.0は露光量を表すものである。

【0058】この2光束干渉露光ステップの次に投影露光として図11(B)の露光パターン110の露光を行う。この投影露光も図18で示した投影露光装置を用いる。図11(B)の上図には2光束干渉露光の露光パターンと投影露光の露光パターンの位置関係と、本投影露光ステップにおけるステップの各領域での露光量を示した。図11(B)の下図はこの投影露光ステップにおける露光量を0.1 μm ピッチの分解能でマップしたものである。

【0059】図11(B)から、この投影露光ステップの露光パターンの最小線幅は、2光束干渉露光のその線幅の2倍の0.2 μm であることが分かる。

【0060】また、このような領域によって露光量が異なる露光パターンを供給する投影露光を行う方法としては、図11(B)中1で示した領域に対応する透過率T%の開口部、2で示した領域に対応する透過率2T%の開口部を有する複数段(多値)透過率を持つマスクを用いる方法があり、この方法では投影露光を一回の露光で完了することができる。この場合の各ステップでの露光量比は感光基板上で、2光束干渉露光:透過率Tの開口部の投影露光:透過率2Tの開口部の投影露光=1:1:2である。

【0061】領域によって露光量が異なる露光パターンを供給する、他のタイプのマスクとしては、図10に示すゲートパターンと相似の開口部をもつマスクがある。この場合、最小の線幅をもつ縦パターン100の像は解像できないので、他の部分と比して露光量が小さくなり、図11(B)上図に示すものと近い露光パターンが得られる。

【0062】さらに、別の方法としては図11(D)の上下に示すような所定露光量の露光パターンを供給する

2種類のマスクを使って2回露光する方法がある。この場合には露光量は一段で良いため、マスクは透過率が1段のみ、通常のマスクで済む。この場合の露光量比は感光基板上で、2光束干渉露光:第1回投影露光:第2回投影露光=1:1:1である。

【0063】上記の2光束干渉露光と投影露光の組み合わせによるリソグラフィーパターンの形成について述べる。本多重露光においては2光束干渉露光ステップと投影露光ステップの間には現像ステップはない。そのため、各ステップでのそれぞれ露光パターンの露光量は加算される。そして加算後、新たな露光パターン(露光量分布又は潜像強度分布)が形成される。

【0064】図11(C)上図は本実施形態の2種の露光ステップの露光量の加算結果を表す図である。そして、図11(C)下図はこの露光パターンに対して現像を行った結果のリソグラフィーパターンを灰色で示したものである。なお、本実施形態では感光基板としては露光しきい値E_{th}が1以上2未満であるものを用いた。また、このリソグラフィーパターンは、ネガレジストの場合は凸パターン、ポジレジストの場合は凹パターンとなる。

【0065】灰色で示したリソグラフィーパターンは図10に示したゲートパターンと一致し、本実施形態の露光方法によりこのパターン形成が可能であることが分かる。

【0066】次に、本発明の実施形態3につき図面を参照して説明する。

【0067】本実施形態も図16～図18で説明した0次光カット瞳フィルタ付投影露光装置を用いるもので、2光束干渉露光ステップで、2次元的な周期パターンを形成する。図12はこの2次元的な2光束干渉露光を行った場合の露光パターンを露光量のマップとして表した模式図である。本実施形態では最終的に得られる露光パターンのバリエーションを増やすために、2光束干渉露光ステップで作る互いに異なる2つの方向(X方向とY方向)の干渉縞(周期パターン)の露光量を互いに異なる値とした。具体的には一方が他方の露光量の倍の露光量を持つようにした。尚、この2つの露光量は同一でもよい。

【0068】図12の露光パターンではX、Yの2方向についての2光束干渉露光ステップの結果、レジストに対する露光量は0から3までの4段階(4値)となっている。このような2光束干渉露光ステップに対して十分に効果のある投影露光の露光量段数は5段以上である。そして感光基板のレジストの露光しきい値は2光束干渉露光の露光量の最大値である3より大きく、かつ投影露光の露光量の最大値4未満に設定している。

【0069】このような5段階(0, 1, 2, 3, 4)の露光量での投影露光を行った結果の露光パターンの各露光量を図13に示した。図13におけるハッチング部

は露光しきい値以上の場所を表し、これが最終的に現像によりリソグラフィパターンに変換される露光パターンとなる。

【0070】なお、図13は投影露光ステップでの解像度を2光束干渉露光ステップの半分として、投影露光に関し2光束干渉露光のブロック2倍の長さの辺を持つブロックで示したものである。このようなブロック単位で投影露光の露光量を変化させて、より広い面積に露光パターンを形成した例を図14に示す。2光束干渉露光ステップでの解像度を持ち、周期パターン以外のパターンを含むバリエーション豊かな露光パターンが形成できている。

【0071】本実施形態における投影露光ステップは2光束干渉露光ステップでの辺の2倍の辺のブロックを単位として行ったが、本発明は、これに限定されることなく、投影露光の解像度内の任意の線幅サイズで投影露光ステップを行うことができ、それぞれに応じて2光束干渉露光ステップと組み合わせさせた露光パターンを得ることができる。

【0072】また、本実施形態では2光束干渉露光の線幅は2つの方向で同一として説明したが、2つの方向で互いに変えてもよい。さらに2つの方向間で成す角度即ち2種の干渉縞の成す角度も任意に選ぶ事ができる。

【0073】本発明は以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、多重露光のシーケンスや露光フィルタの具体的構成などは種々に変更する事が可能である。

【0074】特に2光束干渉露光ステップおよび投影露光ステップのそれぞれの露光回数や露光量の段数は適宜選択することが可能であり、さらに各露光の重ね合わせも、露光位置をずらして行う等適宜調整することが可能である。このような調整を行うことで形成可能な回路パターンにバリエーションができる。

【0075】又、上述の多重露光方法に限らず、マスクと投影露光装置を使って2光束干渉露光を行なう露光ステップを有する公知の各種多重露光方法にも本発明は適用できる。

【0076】次に以上説明した複数の露光モードのうちの一つとして先に説明した多重露光モードを有するところの実行可能な投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0077】図20は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0078】ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0079】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前行程と呼ばれ、前記用意したマ

スクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0080】次のステップ5（組立）は後行程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。

【0081】ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0082】図21は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0083】ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0084】ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0085】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0086】

【発明の効果】本発明によれば、従来よりも簡単に多重露光が行なえる露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0087】この他本発明によれば、2光束干渉露光と投影露光を融合した露光方法を用いることにより、線幅0.15 μ m以下のパターン像の形成を実現可能とする露光方法およびそれを用いた線幅0.15 μ m以下の実回路パターン露光をレベンソンレチクル等の特殊なレチクルを用いずに形成することが可能な露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の露光方法のフロー図

【図2】 2光束干渉露光による露光パターンを示す模式図

【図3】 レジストの露光感度特性を示す模式図

【図4】 現像によるパターン形成を示す模式図

【図5】 2光束干渉露光による露光パターンを示す模式図

【図6】 本発明による形成パターンを示す模式図

【図7】 本発明の実施形態1による形成パターンの一
例を示す模式図

【図8】 本発明の実施形態1による形成パターンの他
の一例を示す模式図

【図9】 本発明の実施形態1による形成パターンの他
の一例を示す模式図

【図10】 典型的な回路パターンを示す模式図

【図11】 本発明の実施形態2を説明する模式図

【図12】 本発明の実施形態3の2光束干渉露光パ
ターンを説明する模式図

【図13】 2次元ブロックでの形成パターンを示す模
式図

【図14】 本発明の実施形態3で形成可能なパター
ンの1例を示す模式図

【図15】 従来の2光束干渉露光法の説明図

【図16】 本発明に係る2光束干渉露光について示
す模式図

【図17】 本発明に係るマスクおよび照明方法を示
す模式図

【図18】 本発明の露光装置の要部概略図

【図19】 従来の投影露光装置を示す模式図

【図20】 本発明のデバイスの製造方法のフローチャ
ート

【図21】 本発明のデバイスの製造方法のフローチャ
ート

【符号の説明】

11 露光光源

12 照明光学系

13 照明モード

14 マスク

15 交換用マスク

16 マスクチェンジャー

17 マスクステージ

18 投影光学系

19 瞳フィルター

20 瞳フィルターチェンジャー

21 ウエハ

22 ウエハステージ

161 マスク

162 物体側露光光

163 投影光学系

164 開口絞り

165 像側露光光

166 感光基板

167 瞳フィルターおよび瞳上での光束位置

171 クロム遮光部

191 エキシマレーザ光源

192 照明光学系

193 照明光

194 マスク

195 物体側露光光

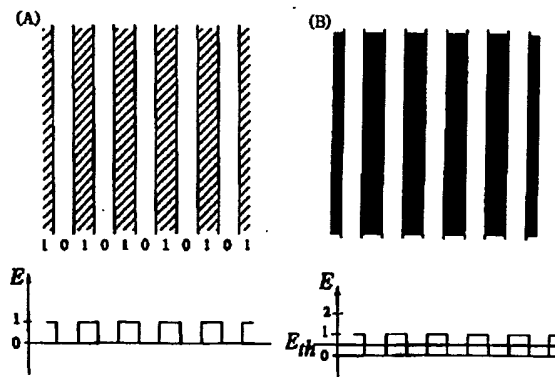
196 投影光学系

197 像側露光光

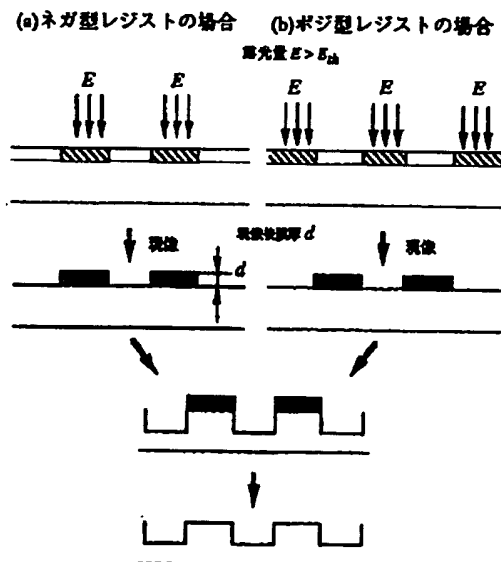
198 感光基板

199 基板ステージ

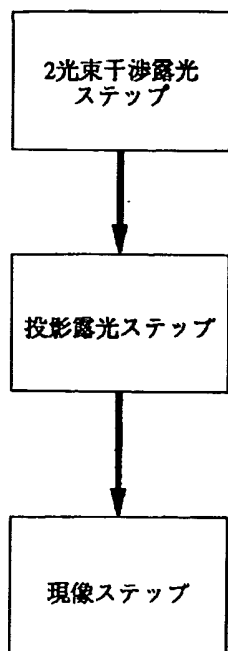
【図2】



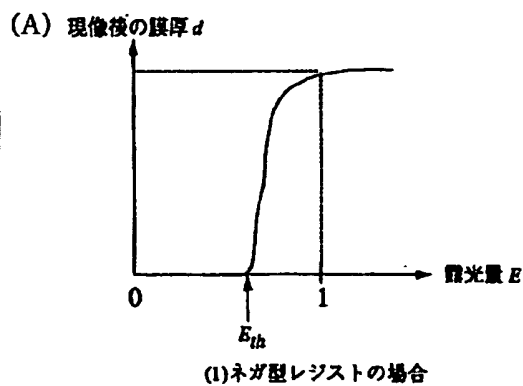
【図4】



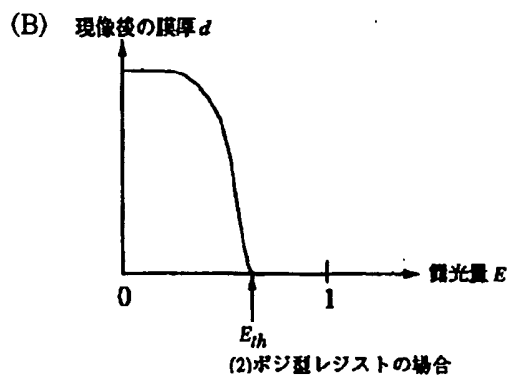
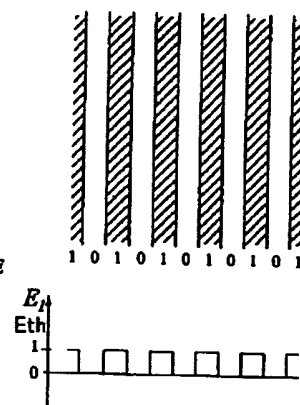
【図1】



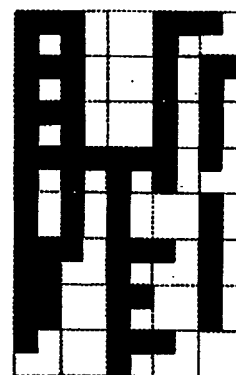
【図3】



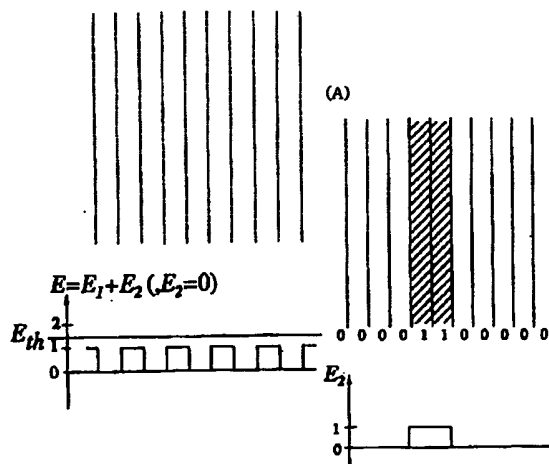
【図5】



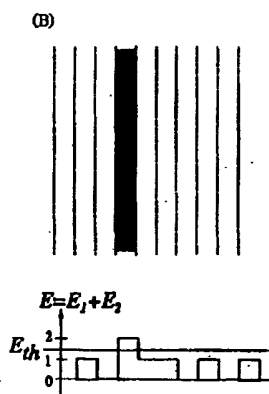
【図14】



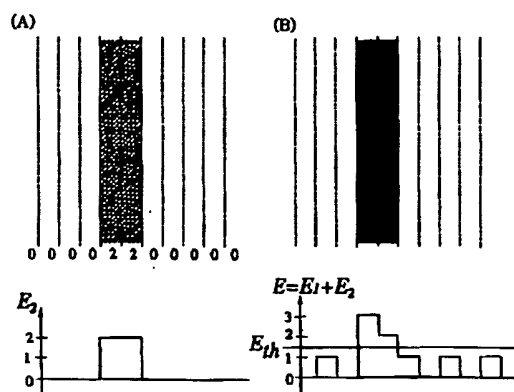
【図6】



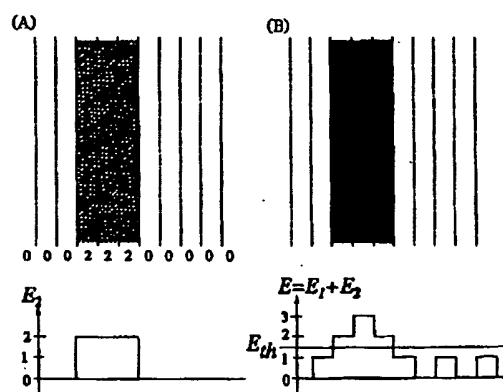
【図7】



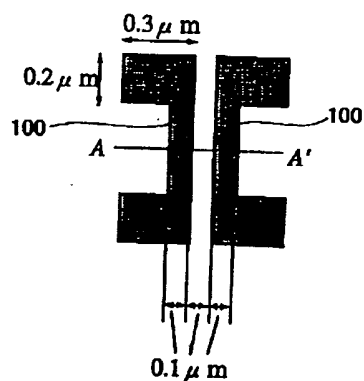
【図8】



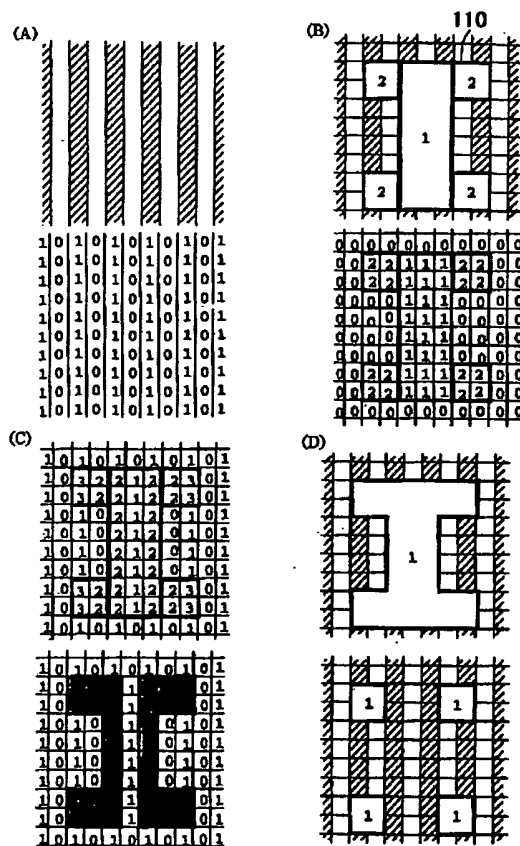
【图9】



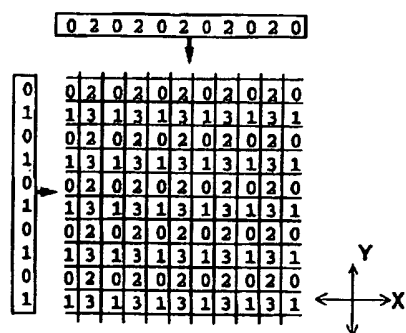
【図10】



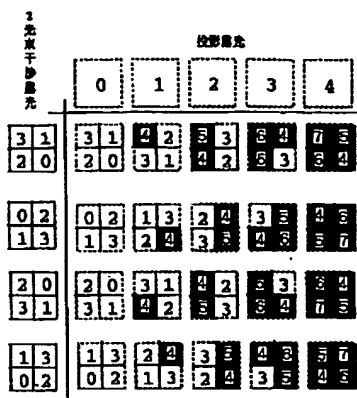
【图 1 1】



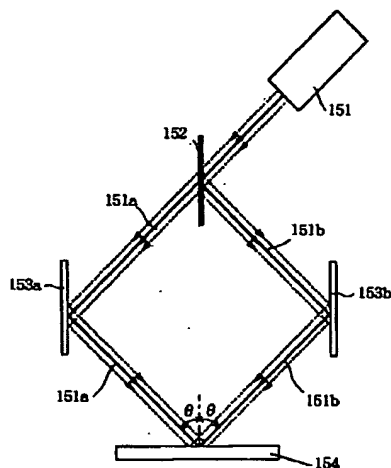
【図12】



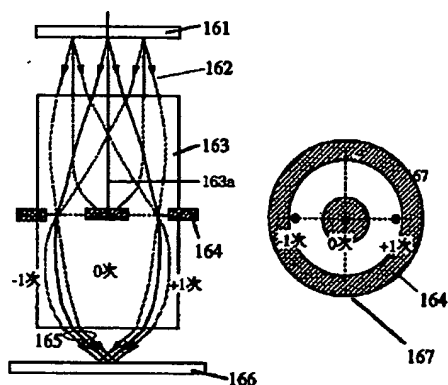
【図13】



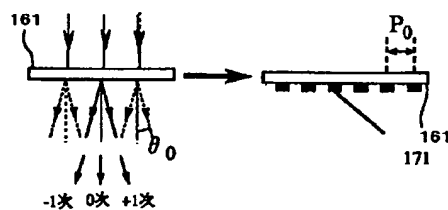
【図15】



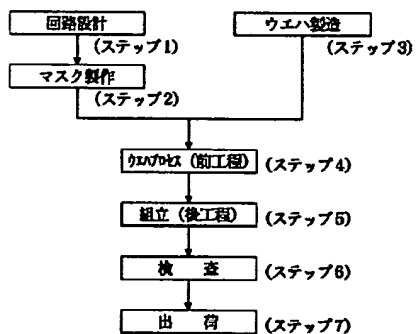
【図16】



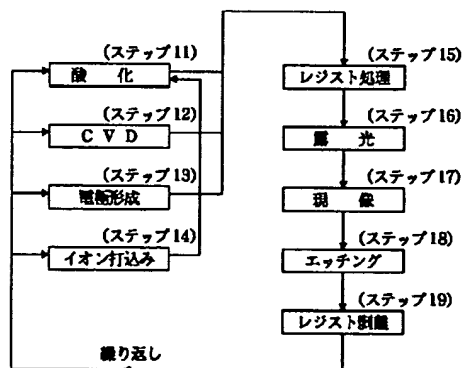
【図17】



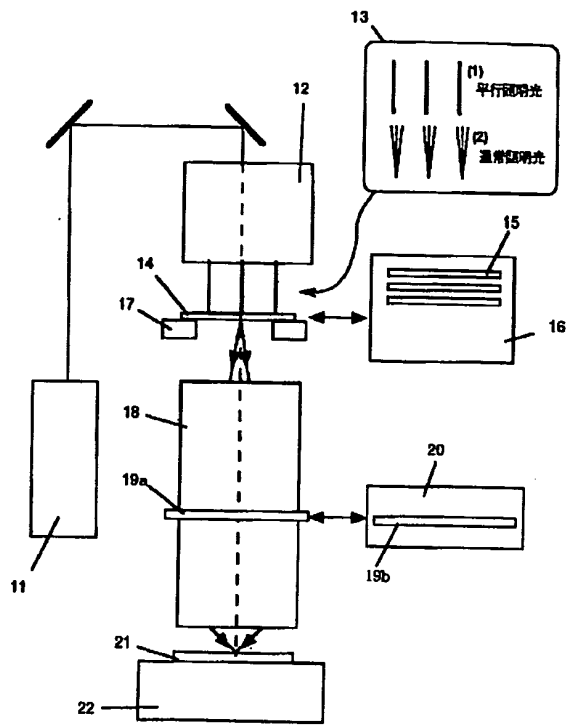
【図20】



【図21】



【图18】



【图19】

